



UNITÉ DE RECHERCHE
INRIA-RENNES

Institut National
de Recherche
en Informatique
et en Automatique

Domaine de Voluceau
Rocquencourt
B.P.105
78153 Le Chesnay Cedex
France
Tél.: (1) 39 63 55 11

Rapports de Recherche

1 9 9 2



ème

anniversaire

N° 1618

Programme 3

*Intelligence artificielle, Systèmes cognitifs et
Interaction homme-machine*

ENSEIGNER LA TYPOGRAPHIE NUMERIQUE

Jacques ANDRÉ
Roger D. HERSCH

Février 1992



★ R R - 1 6 1 8 ★

Enseigner la typographie numérique

Jacques ANDRÉ et Roger D. HERSCH

Publication Interne n°636 - Février 1992 - 26 pages

Irisa/Inria-Rennes
Campus de Beaulieu
F-35042 Rennes cedex, France
jandre@irisa.fr

Laboratoire Systèmes Périphériques
École Polytechnique Fédérale
CH-1015 Lausanne, Suisse
hersch@eldi.epfl.ch

Projet OPERA/DIDOT

Programme 3

Résumé

La typographie numérique est un sujet très pointu qui présente deux aspects différents mais complémentaires : un côté art et un côté informatique. Cet article présente le projet Didot d'enseignement professionnel de cette discipline et montre ce que devrait contenir un cours de typographie numérique, compte-tenu d'expériences récentes, et quels sont les métiers concernés. Nous privilégions ici le côté informatique et nous donnons une abondante bibliographie de base.

Teaching Digital Typography

Abstract

Didot is a project of tuition of digital typography. In this paper, the domain of digital typography is explicated, a curriculum for computer scientists, based on previous experiences, is proposed, and a basic bibliography is given.

1 Le projet Didot

La Commission des Communautés Européennes a lancé en 1990 le programme COMETT II dont les objectifs principaux sont de renforcer la formation aux technologies avancées et de donner une dimension européenne à la coopération entre les universités et les entreprises.

C'est dans ce cadre que nous avons proposé le projet Didot¹ avec la collaboration de sept autres partenaires². Les objectifs de ce projet de trois ans sont essentiellement de mettre au point un programme européen d'enseignement de la typographie numérique³, d'implémenter les outils logiciels nécessaires et de valider ce programme lors de sessions d'enseignements.

Deux séminaires expérimentaux ont été ainsi mis en place, l'un de deux jours à Reading (Angleterre) en février 1991 [Dyson92] et l'autre, d'une semaine, à Lausanne (Suisse) en septembre 1991 [DeMacchi92] [Hersch92]. Alors que le premier séminaire a été essentiellement suivi par des professionnels des arts graphiques, le second comprenait autant d'informaticiens que de graphistes, ce qui a donné des

¹Didot signifie Didacticiels de Dessin par Ordinateur de caractères Typographiques, ou *D*igitizing and *D*esigning *O*f *T*ype. Il fait, bien sûr, allusion à toute la dynastie des Didot dont François-Ambroise Didot (1730–1804) à qui on doit le point didot, première unité de mesure typographique.

²Les neuf partenaires de ce projets sont trois organismes d'enseignement : L'École Polytechnique Fédérale de Lausanne – Laboratoire des Systèmes Périphériques (Lausanne, Suisse), le *Department of Typography* de l'université de Reading (Angleterre) et l'école de dessin *AGS Schule für Gestaltung* (Basel, Switzerland); un institut de recherche : Irisa/Inria-Rennes (France) et 5 PME : URW (Hamburg, Allemagne), Lg&A-Hito (Getxo-Vizcaya, Espagne), Infoprint (Salonique, Grèce), Rank-Xerox (EuroPARC, Cambridge, Angleterre) et P. de Macchi (Turin, Italie).

³Il n'existe pas, jusque plus ample informé, de tel programme pour la typographie numérique alors qu'il en existe pour d'autres disciplines informatiques, par exemple le *Curriculum for Computer Education for Management* [Ashenhurt, 72][Couger, 73] de l'ACM (*Association for Computing Machinery, USA*) et, plus récemment, ceux pour le génie logiciel [Shaw91].

échanges particulièrement fructueux. D'ailleurs, cette école de Lausanne proposait (outres des séances de travaux pratiques sur consoles) deux types de cours :

- des cours sur la typographie traditionnelle ouverts à tous, et en particulier un ensemble de cours et exercices⁴ *Rythmes, formes, expression* déjà expérimenté à Bâle [DetrieValentine 89] et à Reading,
- des cours sur la typographie numérique, plutôt suivis par des informaticiens, sur lesquels nous allons revenir en section 4.

D'autres séminaires et cours sont en préparation.

⁴Avec une atmosphère, réussie, de studio de dessin, ce qui n'avait pas été le cas dans une expérience précédente [SouthallAndré85].

2 Typographie numérique : un domaine complexe

Nous appelons typographie numérique ce qui correspond à la *digital typography* des anglo-saxons, mais en ne donnant pas un sens aussi général que certains auteurs (comme [Rubinstein88]), c'est-à-dire que nous ne nous intéressons qu'à la création et au dessin des caractères (comme, de façon traditionnelle, [Baudin84], [Tracy86] ou [Blanchard89]) et non à la mise en page.

La typographie numérique est un domaine à deux faces : celle de la typographie classique ou traditionnelle et celle de l'informatique. Et nous posons comme postulat qu'il ne faut pas enseigner la typographie numérique sans étudier en même temps la typographie classique. Dans cet article toutefois, nous ne décrivons pas la partie de l'enseignement de typographie classique à inclure dans un cours de typographie numérique⁵. Nous allons essayer de décrire la partie relevant de techniques informatiques ou mathématiques.

Dans l'état actuel des choses (qui peut varier dans le temps en fonction des nouvelles technologies) les fontes informatisées sont à considérer de différentes manières, selon la qualification et le métier des personnes concernées. Voici quelques exemples d'activités liées à la typographie numérique, qui impliquent une vue différente et des solutions faisant appel à des utilitaires et programmes informatiques fort divers. Un créateur de polices de caractères, par exemple, a pour mission de créer une nouvelle famille de polices de caractères. À cette fin, il utilisera soit des techniques de dessin conventionnelles, soit des techniques de dessin sur ordinateur, soit encore un mélange des deux. Une maison d'impression, par contre, devra gérer, par des moyens informatiques appropriés, une très grande quantité de polices de caractères qui seront au besoin chargées sur les photocomposeuses. Une

⁵Le problème est particulièrement complexe et fera l'objet de futures publications du projet Didot. Que l'on sache seulement que Chuck Bigelow dit qu'il faut 7 ans d'études pour devenir un bon typographe [Bigelow86] !

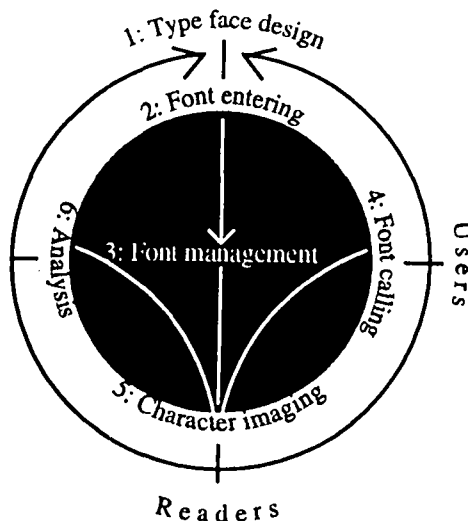


Figure 1 : Les divers processus concernant les fontes. En noir, le monde des informaticiens, en blanc celui des typographes. En gris, un domaine mixte.

entreprise de logiciel développant une application interactive multi-fonte devra, elle aussi, aborder le problème de la gestion des polices de caractères disponibles (nom de la fonte, taille, style) et trouver des solutions pour imiter le rendu de polices qui ne seraient pas disponibles.

2.1 Création de caractères numérisés

Souvent, les concepteurs de fontes créent leurs dessins manuellement, puis en numérisent les contours manuellement point à point, à l'aide d'un programme adéquat, tel que Ikarus. Une autre solution est de passer le dessin du caractère à travers un numériseur pour créer un plan de bits, puis faire traiter ce plan de bits à l'aide d'un programme de tracé automatique de contour tel que Linus ou Typo. Les contours obtenus devront obligatoirement être retouchés à l'aide d'un éditeur de contour interactif (Fontographer, FontStudio, Typo) car les programmes d'extraction automatique de contours disponibles aujourd'hui ne produisent qu'un rendu partiellement satisfaisant. Voir ci-dessous 4.8 et 4.9.

2.2 Mise en forme des fontes

Les caractères numériques obtenus par le travail des créateurs et concepteurs doivent être mis en forme afin d'en assurer un rendu optimal sur divers dispositifs de visualisation et d'impression. Cette mise en forme peut consister, par exemple, à régulariser l'épaisseur des jambages et à assurer que les empattements ne varient pas d'un caractère à un autre. Les petites variations introduites par le processus de numérisation doivent être éliminées. Pour assurer un rendu optimal des caractères à basse et moyenne résolution, des règles d'adaptation de contours (*hints*) doivent être adjointes aux descriptions de contour des caractères. Finalement, les fontes sont regroupées en familles et styles et copiées sur les disquettes de distribution qui seront commercialisées.

2.3 Gestion des fontes

L'utilisateur disposant d'un ordinateur personnel ou d'une station de travail aura à gérer ses fontes selon leur famille, leur style, leur force de corps et selon leur fonctionnalité informatique. Une personne spécialisée dans le *desktop publishing* disposera de polices de caractères à plans de bits, ainsi que des polices de caractères à description de contours en formats divers (par exemple les formats Ikarus, Adobe Type 1 et TrueType). Selon les besoins, les polices devront être converties d'un format à un autre ou utilisées pour produire des caractères à plans de bits de force de corps donnée.

Certaines entreprises (éditeurs, sociétés de services, laboratoires, etc.) et les organismes de distribution de fontes ont à gérer et maintenir un très grand nombre de fontes et de logiciels associés. Ceci nécessite l'emploi de bases de données, de très grandes capacités de stockage, de nombreux logiciels de conversion entre formats, des procédures adéquates d'accès aux données ainsi que des possibilités de traitement automatique et relève des techniques modernes de génie logiciel.

2.4 Rendu des caractères sur divers dispositifs

Les mêmes fontes livrées sur support informatique doivent être rendues de manière optimale sur les dispositifs les plus divers : écran d'ordinateur, film photocomposé, papier imprimé par imprimante laser, affichages géants dans stades de sports et aéroports, incrustation dans film video, etc. Chaque dispositif déformera à sa manière l'apparence des caractères originaux. Le logiciel de rendu devra donc

tenir compte de cette déformation et essayer de la compenser afin d'obtenir le meilleur rendu possible.

2.5 Recherche et développement de nouvelles applications

Les chercheurs et programmeurs développant les systèmes informatiques pour l'acquisition de caractères (numérisation, extraction de contours), leur mise en forme (régularisation, adjonction de règles d'adaptation) et leur rendu (conversion ponctuelle, espacement, etc.) doivent être capable de retraiter les descriptions de caractères en fonction de leurs besoins. D'autres chercheurs peuvent aussi analyser les bases de données que constituent les fontes, par exemple en vue d'études statistiques. À cette fin, tous doivent pouvoir travailler aussi bien sur les propriétés métriques [AndréBur91] que sur les propriétés topologiques des fontes [HerschBetrisey91] [Adams89].

Les processus liés à la *création*, à l'*acquisition*, à la *mise en forme* et au *rendu* des caractères sont décrits dans la figure 2. On y trouve également la liste des domaines à maîtriser pour développer des programmes permettant d'effectuer les traitements énoncés.

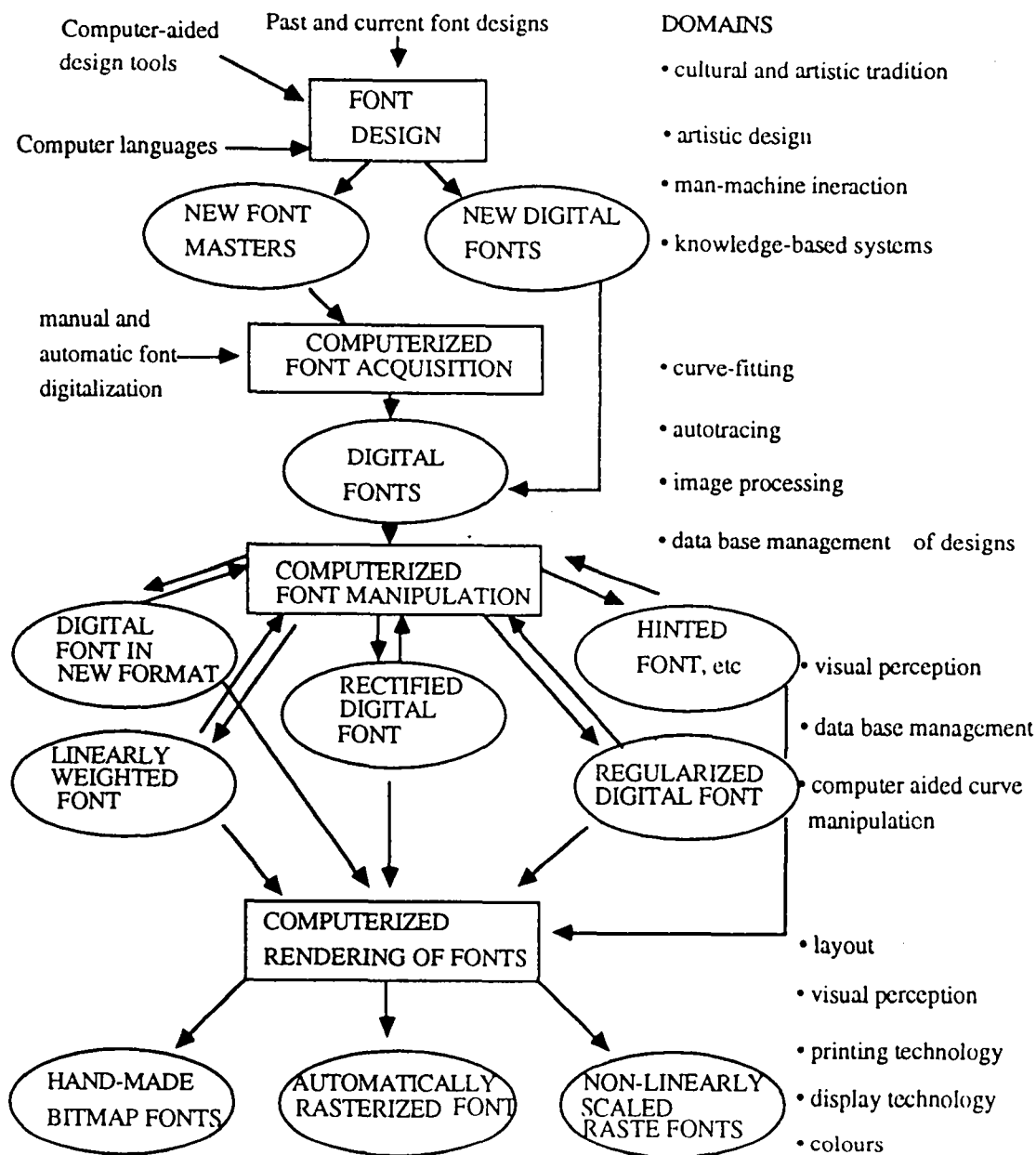


Figure 2 : Principaux domaines d'activité en typographie numérique

3 Etude du besoin d'un enseignement en typographie numérique

Essayons d'abord de définir quel est le public visé par un enseignement ou un cours de spécialisation en typographie numérique. Sont concernés à prime abord tous les intervenants dans le processus de création, mise en forme, gestion et rendu des fontes qui disposent d'une formation scientifique et informatique préalable. Distinguons les divers secteurs d'activité :

1. Les *constructeurs* d'ordinateurs, d'imprimantes laser, de machines d'impression à haut débit, de télécopieurs, de photocomposeuses, de terminaux de télécommunication ainsi que ceux qui produisent des périphériques d'affichage et d'impression spécialisés sont concernés par la typographie numérique. Ils produisent et commercialisent des matériels et logiciels destinés à la manipulation et à la production de textes.
2. Les entreprises offrant des services et *produits spécifiques* pour la typographie. Il s'agit d'entreprises qui offrent un nombre de plus en plus élevé de polices de caractères, dans les différents formats industriels [Gonczarowski92] (exemples: Linotronic, Agfa-Compugraphic, URW, Adobe, Autologic, Mecanorma, etc.). D'autres entreprises, telles que URW, Letraset, Altsys ou Typographics, offrent des programmes d'aide à la création de polices de caractères. Certaines entreprises offrent des programmes de création artistique incluant des capacités typographiques (Adobe Illustrator, Aldus Freehand, etc.).
3. Les créateurs de *logiciels interactifs* dans les domaines les plus divers (CAO mécanique, architecture, etc.) cherchent à inclure dans leur produit des possibilités de sélection de polices de caractères, d'affichage de textes et d'im-

pression de documents. Ils sont donc les clients des facilités typographiques offertes par les constructeurs d'ordinateurs (TrueType sur MacIntosh et PC Windows, Adobe Type Manager sur MacIntosh). En outre, ils offrent des facilités de production de documents décrits en format PostScript capables de s'imprimer ou s'afficher sur divers dispositifs d'impression (imprimante laser, photocomposeuse, *previewer* PageView sur Sun ou DisplayPostScript sur IBM Risc 6000).

4. Les entreprises les plus répandues et les plus nombreuses à ressentir le besoin d'une formation de base en typographie numérique sont celles qui offrent des *services de photocomposition et d'impression* de documents à leurs clients. Ces entreprises reçoivent des documents produits avec des logiciels fort divers (PageMaker, Word, QuarkXPress, WritePerfect, T_EX, etc.). Ces documents contiennent des textes et illustrations. Ils doivent être revus avant l'impression afin que les fontes auxquelles ils font appel correspondent à celles qui sont disponibles. Il est souvent nécessaire de recomposer les documents avant de les envoyer au dispositif de flashage (photocomposeuse PostScript). Les problèmes de gestion des fontes et d'approximation de certaines fontes par d'autres fontes nécessitent une connaissance approfondie de la typographie traditionnelle ainsi qu'un savoir faire informatique. Il s'agit d'être capables de fournir au programme de mise en page les bonnes tables de chasses et d'ajuster, de modifier et de tester des documents décrits en langage PostScript. Pour ce type de travail, une formation de base de technicien en informatique est suffisante. Ces techniciens profiteraient certainement d'une offre de formation *postgrade* en typographie numérique.

L'énumération des secteurs d'activité économique prouve qu'il existe un potentiel important de personnes intéressées à suivre une formation en typographie numérique. La forme et le contenu d'une telle formation doivent être suffisamment variés pour permettre d'une part une formation du personnel en cours d'emploi et d'autre part des cours ajustés aux besoins des différentes catégories d'activités énoncées ci-dessus.

Pour un nombre restreint d'ingénieurs et d'enseignants hautement qualifiés, un cycle de spécialisation en typographie numérique d'une durée d'une année à temps complet est envisageable. Il s'agirait de contribuer à la formation d'enseignants d'écoles techniques supérieures (École d'ingénieur de l'emballage et du papier, École supérieure de l'industrie graphique, etc.) ainsi que de former les ingénieurs

travaillant auprès des *constructeurs* d'ordinateurs et de dispositifs de visualisation et d'impression.

4 Domaines d'enseignement

Essayons de présenter brièvement les domaines qui pourraient ou devraient faire partie d'un enseignement en typographie numérique.

Bibliographie Nous donnerons, outre les grandes lignes du programme, des éléments de bibliographie sur le sujet qui permettront d'aller plus loin. La majorité est constituée d'articles de recherche. Nous signalons donc (avec une astérisque *) ceux qui relèvent plus de la pédagogie ou de l'initiation.

Il n'y a pas de traité complet de typographie numérique. On lira toutefois avec intérêt : [Rubinstein88]*, [Karow87]*, [Karow9?]*, [André Hersch89], [Morris André91] et [Hersch92]*.

Outils De même, nous indiquons les rares outils pédagogiques existants ou en cours d'écriture.

4.1 Perception visuelle

Objet Le tracé des caractères est toujours défini en tenant compte de la perception qu'en aura un œil humain. La vision et les problèmes de lisibilité doivent être connus du typographe numérique.

Sujets Physiologie et psychologie de la vision, modèles statistiques, modèles cognitifs, modèles basés sur théorie du signal.

Bibliographie [Kowler90] [DuanMorris89] [Legge85] [Morris88] [Richaudeau84]*

4.2 Typologie et topologie des caractères

- Objet** Outre certains côtés « subjectifs » (comme la notion de style), caractères (individuellement) et fontes (globalement) sont affectés d'un certain nombre de propriétés métriques (corps, angle d'italique, etc.) ou topologiques (présence et position d'empattements par exemple). Ces propriétés doivent être explicitées dans les fontes numérisées car ce sont elles qui vont permettre le rendu efficace des caractères.
- Sujet** Anatomie de la lettre, terminologie, métrique des fontes, *non linear scaling*, unités, modèles de description de fontes, normes.
- Bibliographie** [Adobe90n] [AndréBur91]*, [Dardailler89], [Gonczarowski91a] [Holthusen90] [HerschBetrisey91] [ISO88] [Jamra91] [Jacno74] [Karow87]* [Knuth86] [Tracy86]

4.3 Description mathématique de formes

- Objet** Les caractères peuvent être décrits de différentes manières [Southall91] : soit par déplacement de plume [Knuth82], soit par éléments de structure [Coueignoux75], soit comme cela est généralement le cas, par description de contours. Déplacements de plumes et description de contours peuvent être décrits mathématiquement par des courbes analytiques. Comme connaissance préalable, des notions d'analyse vectorielle sont nécessaires. Les notions nécessaires à la description de caractères requièrent une bonne connaissance du domaine de la conception géométrique assistée par ordinateur.
- Sujets** courbes polynomiales, interpolation, splines (splines naturelles, splines de Bézier, B-splines)
- Bibliographie** [Bartels87]*, [de Boor78]*, [Farin90]*, [Gonczarowski92]*,

4.4 Technologies d'impression et d'affichage

- Objet** La quasi-totalité des dispositifs d'impression ou d'affichages sont basés sur des images tramées (*rasterized*) à un ou plusieurs

niveaux de gris dont les propriétés doivent être maîtrisées.

- Sujet** Images tramées, techniques d'impression (laser, photocomposition), techniques d'écrans, TVHD, *greyscales*, moiré, demi-teintes (*halftoning*).
- Bibliographie** [Amidror91], [Naiman91], [Newman79]*, [Ulichney89]*

4.5 Langages de description de pages

- Objet** Les objets et caractères dont on désire obtenir le rendu sur dispositif matriciel (voir 4.4) sont souvent décrits par des langages de description de page.
- Sujets** Langages de description de pages, PostScript, SPDL, normes.
- Bibliographie** [Adobe87b] + nombreux manuels à citer.
- Outils** [AndréBétrisey92]

4.6 Rendu des caractères sur dispositifs d'affichage et d'impression

- Objet** Le rendu des caractères s'effectue généralement sur dispositifs matriciels. Il faut tenir compte des caractéristiques du dispositif de sortie (écran, imprimante, voir 4.4) ainsi que des principales caractéristiques du système visuel humain (voir 4.1). Des connaissances en infographie 2-d et en traitement d'images sont requises. (voir 4.3).
- Sujets** adaptation des contours à la grille des points discrets, conversion ponctuelle, algorithme de remplissage, filtrage, rééchantillonnage, analyse spatio-fréquentielle dans le domaine de Fourier.
- Bibliographie** [Hersch89], [Rogers84]*, [Pratt91]*, [Naiman91]

4.7 Gestion interne des fontes

- Objet** Les fontes sont des données structurées complexes qu'il faut gérer par des techniques de génie logiciel (voir 2.3).
- Sujets** Formats de fontes (cf. 4.2), changements de formats, bases de données, transmissions et réseaux, systèmes hypertextes de fontes, serveurs de fontes.
- Bibliographie** [Adobe90n] [Dardailler89] [Debry89] [Karow87] [Marti90] [Smura89]. Voir aussi 4.2.

4.8 Saisie de fontes et production de fontes numériques

- Objet** Ce n'est que récemment que le public a accès à des centaines de familles de polices de caractères numériques. En effet, la saisie d'un grand nombre de fontes et leur mise en forme afin d'en faire un produit utilisable pour écrans, imprimantes et photo-composeuses requiert un travail important et souvent fastidieux. La saisie des fontes exige soit la numérisation manuelle de leurs contours à l'aide d'une tablette graphique [Karow87], soit leur numérisation par scanner, puis l'extraction automatique de leurs contours. La correction d'erreurs d'acquisition ou de numérisation, la mise en forme des caractères par régularisation de leurs jambages et empattements et l'adjonction de règles d'adaptation des contours (*hints*) requiert un traitement qui jusqu'ici n'a pu être entièrement informatisé. Chaque nouvelle police de caractères présentera un ou deux caractères qui ne se conforment pas aux possibilités des logiciels de traitement automatiques et qui demanderont une intervention manuelle. Les méthodes de régularisation de contours et d'adjonctions de règles d'adaptation des contours exigent des techniques de reconnaissance de formes [Karow89] et d'analyse de caractères en fonction de critères topologiques et géométriques.
- Sujets** numérisation, extraction de contours, approximation de parties de contours par des polynômes, régularisation de contours, reconnaissance de formes, notions géométriques et topologiques.

Bibliographie [Pavlidis77], [PlassStone83], [Karow89], [Gonczarowski91], [HerschBetrissey91]

Outil pédagogique *Interactive Rastware* : programme d'adjonction interactive de règles d'adaptation de contours en cours de développement à l'EPFL

4.9 Autres points

Objet La typographie numérique n'est pas un domaine figé et doit évoluer. Un enseignement devra donc comprendre aussi une ouverture sur des champs d'application voisin ou sur des points encore en cours de recherche. Aujourd'hui, on peut citer les ouvertures suivantes :

Sujets et bibliographie

- Processus de création de caractères [Southall91]
- Notion de qualité pour les fontes [Tamari91] [AdamsSouthall89]
- Reconnaissance des caractères [Lorette91] [Pavlidis77]
- Création incrémentale de fontes, fontes dynamiques [Adams89] [AdamsAndré89] [AndréBorghi89] [Blokland91]
- Copyright [Bigelow86] [Bertrand91]

5 Conclusion

Ce cours n'a pas encore été expérimenté sous sa forme complète. Toutefois, divers éléments ont fait l'objet soit de cours spécifiques (notamment au LSP, EPFL Lausanne), soit de façon plus globale (par exemple dans divers enseignements de l'Ifsic à Rennes), soit enfin lors de sessions de formation permanente, dont l'École Didot de Lausanne (voir ci-dessus 1).

L'expérience de l'École Didot de Lausanne montre qu'un besoin de formation en typographie numérique existe aussi bien auprès d'ingénieurs responsables des développements de nouveaux produits touchant à la typographie et à l'imprimerie qu'auprès de personnes offrant des services de création, de gestion et d'impression de documents à l'aide de logiciels et matériels achetés sur le marché.

Remerciements

Cette étude est partiellement financée par la CEE : CEC/Comett II projet n° 90/1/3697/Cb.

Les opinions émises dans cet article sont celles des auteurs et ne représentent pas nécessairement celles du projet Didot dans sa globalité.

Bibliographie

- [Adams89] D. Adams, "abcdefg, a better constraint driven environment for font generation", in [AndréHersch89], 54–70.
- [AdamsAndre89] D. Adams and J. André, "New trends in digital typography", in [AndréHersch89], 14–21.
- [AdamsSouthall89] D. Adams and R. Southall, "Problems of font quality assessment", in [AndréHersch89], 213–222.
- [Adobe87b] Adobe Systems Incorporated, *PostScript Language Tutorial and Cookbook*, Addison-Wesley publ. Reading, MA (USA) 1987.
- [Adobe90n] Adobe Systems Incorporated, *Adobe Type 1 Font Format*, Addison-Wesley publ. Reading, MA (USA) 1990.
- [Amidor91] I. Amidror, "The Moiré Phenomenon in Color Separation", in [MorrisAndré91], 98–120.
- [AndreBetrisey92] C. André and C. Bétrisey, "An Enhanced PostScript Previewer for experimenting and teaching new approaches in digital typography", à paraître dans *Bigre* 79, avril 1992.
- [AndreBur91] J. André and Justin Bur, "Métrique des fontes PostScript", *Cahiers GUTenberg*, num. 8, march 1991, 29–56.
- [AndreHersch89] Jacques André and Roger D. Hersch (eds.), *Raster Imaging and Digital Typography*, Cambridge University Press, 1989.

- [Ashenhurt72] R.L. Ashenhurt (ed.), "Curriculum Recommendations for Graduate Professional Programs in Information Systems", *Communications of the ACM*, vol. 15, num. 6, May, 1972, 363–398.
- [Bartels87] R.H. Bartels, J.C. Beatty and B.A. Barsky, *An introduction to Splines for Use in Computer Graphics and Geometric Modeling*, Morgan Kaufmann, Los Alos, CA, 1987.
- [Baudin84] Fernand Baudin, *La typographie au tableau noir*, éditions Retz, Paris, 1984.
- [Bertrand91] A. Bertrand, « La typographie et la loi », *Cahiers Gutenberg*, 8, 1991, 10–20.
- [Bigelow86] Chuck Bigelow, "Notes on typefaces protection", *Tugboat*, vol. 7(3), 1986, 146–151 ; et « Du piratage des fontes », *TSI Technique et science informatique*, vol.6, 3, 1987, 255–259.
- [Blanchard89] Gérard Blanchard, *L'eredita Gutenberg – per una semiologia della tipografia*, Giafranco altieri editore, Italie, 1989.
- [Blokland91] E. van Blokland and J. van Rossum, "Different approaches to livelyly outlines", in [MorrisAndré91], 28–33.
- [Coueignoux75] P. Coueignoux, *Generation of roman printed fonts*, Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass. 1975.
- [Couger73] J. Daniel Couger (ed.), "Curriculum Recommendations for Undergraduate Programs in Information Systems", *Communications of the ACM*, vol.16,12, December 1973, 727–749.
- [Dardailler89] Daniel Dardailler, "Normes et fontes", *Cahiers GUTenberg*, 4, 1989, 2–8.

- [deBoor78] Carl de Boor, *A Practical Guide to Splines*, Springer Verlag, new York, 1978.
- [Debry89] R. Debry, A.W. Griffie and J.P. Hofmeister, "Multiple font technologies in a distributed environment", in [AndréHersch89], 223–231.
- [DB91] *Didot bulletin*, n° 1, mai 1991.
- [DeMacchi92] Piero de Macchi, "La prima scuola estiva europea di tipografia digitale", *Graphicus*, 882, gennaio 1992, p.49.
- [DetrieValentine89] Thomas Detrie and Eugene Valentine, "The Workshop as Format for Letterform Design education"/"Das Seminar als Modell für die Ausbildung in Schriftgestaltung", *Swiss Typographic Journal*, *Typografische Monatsblätter*, *Revue Suisse de l'Imprimerie*, TM6, 1989, p. 2-24.
- [DuanMorris89] Duan and R. Morris, "The importance of phase in the spectra of digital type", *Electronic Publishing – EPODD*, vol.2, n.1, 47–59, 1989.
- [Dyson92] Marry Dyson, "Update on Didot", *Newsletter of the British Computer Society Electronic Publishing Specialist Group*, vol. 7, num. 1, 5–6.
- [Farin90] Gerald Farin, *Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design*, Academic Press, San diego, CA, 1982.
- [Gonczarowski92] J. Gonczarowski, "Curves Techniques for Auto-Tracing", à paraître dans [Hersch92].
- [Gonczarowski92a] J. Gonczarowski, "Industry Standard Outline Font Formats", à paraître dans [Hersch92].
- [Hersch89] R.D. Hersch, "Introduction to Font Rasterization", in [AndréHersch89], 1–13.
- [Hersch92] R.D. Hersch (ed.), *Visual and Technical Aspects of Type*, (to be published).

- [HerschBetrisey91] R.D. Hersch & C. Betrisey, "Model-Based Matching and Hinting of Fonts", *Proceedings SIGGRAPH'91, ACM Computer Graphics*, vol. 24, 1991, ?-?.
- [Holthusen90] Hotlhusen and Pol, *Scangraphic Digital Type Collection*, Mannesmann Scangraphic, Wedel, 1990.
- [ISO88] ISO/IEC DIS 9541, *Information processing – font and character information interchange*, ISO, 1988.
- [Jacno74] M. Jacno, *Anatomie de la lettre*, Ecole Estienne, Paris 1974.
- [Jamra91] Mark Jamra, "Some elements of proportion and optical image support in a typeface", à paraître dans [Hersch92].
- [Karow87] Peter Karow, *Digital Formats for Typefaces*, Hamburg, URW Verlag, 1987. Il en existe aussi une version en allemand et une version française est sous presse.
- [Karow89] P. Karow, "Automatic hinting for intelligent font scaling", in [AndréMorris89], 232–241.
- [Karow9?] P. Karow, *Font Rasterization*, A paraître. Certains chapitres sont parus récemment en article dans la revue d'URW : *Spectrum*.
- [Knuth82] D.E. Knuth, "The concept of a meta-font", *Visible language*, XVI,1, 1982, 3–27.
- [Knuth86] D.E. Knuth, *The Metafont bppk*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1986.
- [Kowler90] E. Kowler (ed.), *Eye movements and their role in visual and cognitive processes*, Elsevier Science publ. BV, 1990.
- [Legge85] G. Legge et al., "Psychophysics of reading", *Vision research*, col.25,2, 239–252, 1985.

- [Lorette91] G. Lorette (ed.), *Proceedings of the 1st International Conference on Document Analysis and Recognition*, AF-CET publ., Paris-Rennes, 1991.
- [Marti90] B. Marti *et al.*, *Télématique, techniques, normes, services*, Dunod, Paris, 1990.
- [MorrisAndre91] Robert A. Morris and Jacques André (eds.), *Raster Imaging and Digital Typography II*, Cambridge University Press, 1991.
- [Morris88] R.A. Morris, "Image processing aspects of type", *Document manipulation and typography* (van Vliet ed.), Cambridge University Press, 1989, 140–155.
- [Naiman91] A. Naiman, *The use of Grayscale for Improved Character Presentation*, PhD Thesis, Univ. of Toronto, 1991.
- [Newman79] W.M. Newman, *Principles of Interactive Graphics*, McGraw-Hill, 1979.
- [PlassStone83] M. Plass, M. Stone, "Curve fitting with piecewise parametric cubics", *ACM Computer Graphics*, Vol 17, No 3, 229–239, July 1983
- [Pavlidis77] T. Pavlidis, *Structural Pattern Recognition*, Springer Verlag, 1977
- [Pratt78] W.K. Pratt, *Digital Image Processing*, John Wiley and Sons, New York, 1978.
- [Richaudeau84] F. Richaudeau (ed.), *Recherches actuelles sur la lisibilité*, Retz ed., Paris, 1984.
- [Rubinstein88] Richard Rubinstein, *Digital typography – an introduction to type and composition for computer system design*, Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1988.
- [Shaw91] Mary Shaw and James E. Tomayko, "Models for Undergraduate Project Courses in Software Engineering",

- Software Engineering Education*, proceedings of the SEI conference, Pittsburgh, Pennsylvania, USA, October 7–8, 1991, p. 33–71.
- [Smura89] Smura, Beaton, Savage and Griffie, “Font Information Interchange Standard ISO/IEC9541”, *Computer Communications*, april 1989.
- [Southall91] R. Southall, “Character description techniques in type manufacture”, in [MorrisAndré91], 16–27.
- [SouthallAndre85] R. Southall and J. André, “Experiments in teaching Metafont”, in *T_EX for Scientific Documentation* (D. Lucarella ed.), Addison-Wesley, 1985, 141–153.
- [Tamari91] I. Tamari, “Decipherability, Legibility and Readability of Modern Hebrew Typefaces”, in [MorrisAndré91], 128–136.
- [Tracy86] Walter Tracy, *Letters of credit – a view of typed design*, Goldon Fraser, London, 1986.

- PI 629 STRUCTURAL OPERATIONAL SPECIFICATIONS AND TRACE AUTOMATA
Eric BADOUEL, Philippe DARONDEAU
Janvier 1992, 36 pages.
- PI 630 EREBUS, A DEBUGGER FOR ASYNCHRONOUS DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEM
Michel HURFIN, Noël PLOUZEAU, Michel RAYNAL
Janvier 1992, 14 pages.
- PI 631 PROTOCOLES SIMPLES POUR L'IMPLEMENTATION REPARTIE DES SEMAPHORES
Michel RAYNAL
Janvier 1992, 14 pages.
- PI 632 L-STABLE PARALLEL ONE-BLOCK METHODS FOR ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS
Philippe CHARTIER, Bernard PHILIPPE
Janvier 1992, 28 pages.
- PI 633 ON EFFICIENT CHARACTERIZING SOLUTIONS OF LINEAR DIOPHANTINE EQUATIONS AND ITS APPLICATION TO DATA DEPENDENCE ANALYSIS
Christine EISENBEIS, Olivier TEMAM, Harry WIJSHOFF
Janvier 1992, 22 pages.
- PI 634 UN NOYAU DE SYSTEME REPARTI POUR LES APPLICATIONS GEREES PAR UN TEMPS VIRTUEL
Janvier 1992, 20 pages.
- PI 635 SOME ENHANCEMENTS OF CHERNIKOVA'S ALGORITHM
Hervé LE VERGE
Février 1992, pages.
- PI 636 ENSEIGNER LA TYPOGRAPHIE NUMERIQUE
Jacques ANDRE, Roger D. HERSCH
Février 1992, 26 pages.

ISSN 0249 - 6399